



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Patentschrift**  
⑩ **DE 100 63 734 C 2**

⑤① Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**G 02 B 6/35**

②① Aktenzeichen: 100 63 734.5-51  
②② Anmeldetag: 18. 12. 2000  
④③ Offenlegungstag: 11. 7. 2002  
④⑤ Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 31. 10. 2002

DE 100 63 734 C 2

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑦③ Patentinhaber:

Institut für Physikalische Hochtechnologie e.V.,  
07745 Jena, DE

⑦④ Vertreter:

R.-G. Pfeiffer und Kollegen, 07745 Jena

⑦② Erfinder:

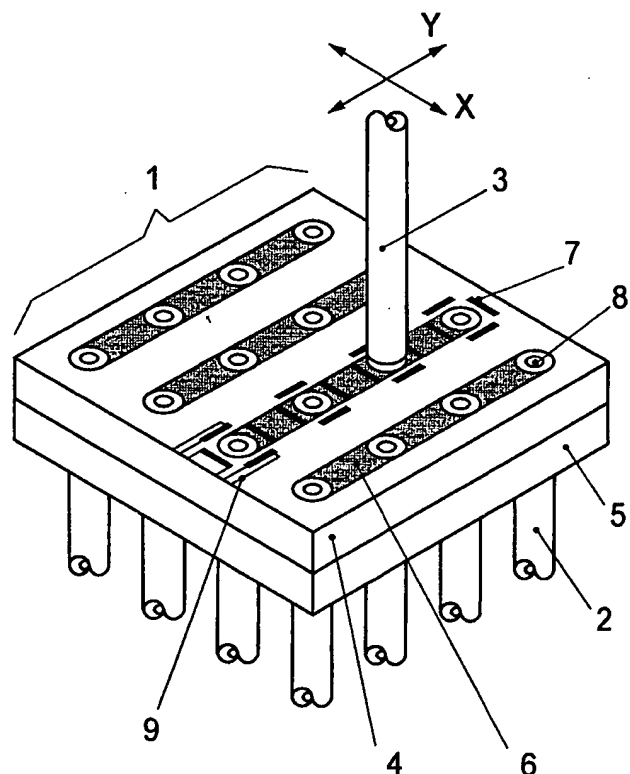
Bartelt, Hartmut, Prof. Dr., 07751 Bucha, DE; Hoppe,  
Lutz, Dipl.-Ing., 99441 Magdala, DE

⑤⑥ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:

WO 99 39 227 A1

⑤④ Optischer Umschalter und Verfahren zu dessen Betrieb

⑤⑦ Optischer Umschalter mit einer ein- oder zweidimensionalen Anordnung einer Anzahl erster Lichtleitfasern, deren Stirnflächen in einer Ebene liegen, welcher die Stirnfläche einer zweiten Lichtleitfaser zwecks optischer Kopplung gegenüberliegt und zu jeder der Stirnflächen der ersten Lichtleitfasern hin bewegbar ist, dadurch gekennzeichnet, daß die Stirnfläche/n (8) der passiven Lichtleitfaser/n (2 oder 3) von photoelektrischen Empfängern (7) für den Empfang von Licht aus der/den aktiven Lichtleitfaser/n (3 oder 2) umgeben ist/sind.



E 100 63 734 C 2

[0001] Die Erfindung betrifft einen optischen Umschalter mit einer vorzugsweise zweidimensionalen Anordnung einer Anzahl erster Lichtleitfasern, deren Stirnflächen in einer Ebene liegen, welcher die Stirnfläche einer zweiten Lichtleitfaser zwecks optischer Kopplung gegenüberliegt und zu jeder der Stirnflächen der ersten Lichtleitfasern hin bewegbar ist. Der Begriff "Optischer Umschalter" wird hier in dem Sinne verstanden, daß insbesondere mit bestimmten Informationen frequenz-, amplituden- und/oder impulsmoduliertes Licht entweder aus der zweiten Lichtleitfaser selektiv in eine der ersten Lichtleitfasern der Anordnung eingekoppelt werden soll oder daß in den ersten Lichtleitfasern der Anordnung ankommendes, beispielsweise mit unterschiedlichen Informationen moduliertes Licht selektiv von der einzigen zweiten Lichtleitfaser weitergeleitet werden soll. Wichtige Anwendungsgebiete solcher optischen Umschalter sind beispielsweise die Nachrichtenübertragung mittels Licht oder die Auswertung der Meßwerte von Meßverfahren, welche auf optischen Prinzipien beruhen. Die Erfindung umfaßt auch Verfahren zum Betrieb solcher optischen Umschalter.

[0002] Bisher sind im wesentlichen optische Umschalter mit einer eindimensionalen, also zeilenartigen Anordnung der Gruppe erster Lichtleitfasern bekannt. Die einzelne zweite Lichtleitfaser wird beispielsweise mittels eines Schrittmotors an dieser Zeile entlang bewegt (US 5.664.033 A), wobei Anordnungen von bis zu 100 Lichtleitfasern in einer Zeile bekannt geworden sind. Eine ebensolche Anordnung ist z. B. in WO 99/39227 A1 beschrieben. Eine solche Zeile hat naturgemäß eine sehr große Längenausdehnung, der Stellmotor ist voluminös, aufwendig und relativ langsam (Schaltzeit etwa 10 ms).

[0003] Bei einer anderen bekannt gewordenen technischen Lösung erfolgt die Stellbewegung mittels Piezoaktoren zwischen zwei durch Anschläge begrenzten Endlagen (US 6.044.186 A). Damit sollen Schaltzeiten von 3 ms und besser erreichbar sein, was auch plausibel ist, aber die Anzahl der Kanäle (der ersten Lichtleitfasern), zwischen denen umgeschaltet werden kann, ist hier bei einer eindimensionalen Anordnung prinzipiell auf zwei und in einer zweidimensionalen Anordnung prinzipiell auf vier begrenzt.

[0004] Eine höhere Anzahl von Kanälen läßt sich bei diesem Prinzip durch eine Kaskadenanordnung mehrerer solcher Umschalter realisieren. Dabei kommt man jedoch infolge der zusätzlich auftretenden Dämpfung sehr bald an Realisierungsgrenzen, die bei der Umschaltung zwischen etwa acht bis neun Kanälen liegen.

[0005] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, einen optischen Umschalter mit einer größeren Kanal-Anzahl als beim letztgenannten Stand der Technik zu schaffen, welcher zugleich kleine Außenabmessungen und eine erhöhte geometrische Präzision der Relativbewegung der zweiten Lichtleitfaser gegenüber der Anordnung erster Lichtleitfasern aufweist und somit eine optimierte wahlweise Einkopplung von Licht in bestimmten auszuwählenden Paarungen von Lichtleitfasern ermöglicht.

[0006] Diese Aufgabe wird durch die kennzeichnenden Merkmale der Patentansprüche 1, 6 und 7 gelöst. Vorteilhaftige Ausgestaltungen sind von den nachgeordneten Ansprüchen erfaßt.

[0007] Durch die Erfindung wird die zweite Lichtleitfaser über die Anordnung der ersten Lichtleitfasern vorzugsweise sowohl in x- als auch in y-Richtung mittels Aktoren, insbesondere piezoelektrische Aktoren, ohne körperliche Anschläge jeweils über eine oder mehrere der ersten Lichtleitfasern hinwegbewegt. Die genaue Einstellung über einer be-

stimmten Lichtleitfaser aus dieser Anordnung erfolgt über einen Regelkreis, welcher beispielsweise die Streulichtwerte vergleicht, die aus der zweiten Lichtleitfaser auf photoelektrische Empfänger an vier Seiten einer ersten Lichtleitfaser aus der Anordnung einfallen.

[0008] Selbstverständlich ist auch eine Umkehrung dieses Prinzips möglich, indem Streulicht aus den ersten Lichtleitfasern der Anordnung von photoelektrischen Empfängern, welche rund um die bewegte, einzustellende zweite Lichtleitfaser herum angeordnet sind, aufgenommen wird.

[0009] Herstellungstechnisch besonders zweckmäßig und präzise ist die Verwendung einer Anordnung aus mindestens zwei identisch ausgebildeten aufeinanderliegenden Plättchen, in die jeweils parallel zueinander ausgerichtete spaltförmige Ausnehmungen eingebracht sind, wobei die spaltförmigen Ausnehmungen des ersten Plättchens und des zweiten Plättchens zueinander orthogonal ausgerichtet sind und in die dadurch gebildeten fluchtenden Durchführungen Lichtleitfasern eingebracht und formschlüssig vergossen sind, wobei die maximal einbringbare Anzahl von Lichtleitfasern dem Quadratprodukt aus der Anzahl der spaltförmigen Ausnehmungen eines Plättchens entspricht, wie es in der schwebenden Patentanmeldung DE 199 25 015.4 beschrieben ist.

[0010] Der Raumbedarf der erfindungsgemäßen Lösung ist sehr gering. Eine Anordnung, wie sie nachfolgend als Ausführungsbeispiel dargestellt wird, läßt sich durchaus in etwa einem Kubikzentimeter unterbringen. Sowohl die photoelektrischen Empfänger als auch die erforderlichen Aktoren lassen sich mit Abmessungen im Submillimeterbereich ausführen und letztere ermöglichen Verstellbewegungen mit einer Genauigkeit im Mikrometerbereich.

[0011] Die prinzipiell höhere Geschwindigkeit der für die Anwendung der Erfindung bevorzugten zweidimensionalen Anordnung gegenüber einer eindimensionalen Anordnung nach dem Stand der Technik ergibt sich aus der folgenden "worst case"-Betrachtung:

Eindimensionale Anordnung: Schaltzeit Kanalanzahl-1  
Zweidimensionale Anordnung: Schaltzeit Kanalanzahl-1 (Wurzel aus Kanalanzahl)-1

[0012] Da die Aktoren in beiden Koordinatenrichtungen gleichzeitig betätigt werden können, ist bei der beispielhaften Ausführung mit 16 Kanälen die zweidimensionale Variante im "worst case" fünfmal schneller als die eindimensionale.

[0013] Ein erfindungsgemäßes Verfahren gestattet weiterhin auch eine gleichsam digitale Rückmeldung und Steuerung durch Auswertung des photoelektrischen umgewandelten "Haupt-Lichtstromes" der auf dem Weg zum Ziel in Gestalt einer bestimmten ersten Lichtleitfaser überfahrenen anderen ersten Lichtleitfasern der Anordnung.

[0014] Die Erfindung soll anhand zweier Ausführungsbeispiele näher erläutert werden. Es zeigen:

[0015] Fig. 1: eine isometrische perspektivische Ansicht einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen optischen Umschalters und

[0016] Fig. 2: eine Stirnseitenansicht der zweiten Lichtleitfaser einer anderen Ausführungsform des erfindungsgemäßen optischen Umschalters.

[0017] Unter Bezugnahme auf Fig. 1 wird zunächst eine Ausführungsform der Erfindung beschrieben, bei welcher eine Anordnung 1 aus 16 ersten Lichtleitfasern 2 in passiver, d. h. Licht empfangender Funktion in zweidimensionaler Anordnung besteht. Die Anordnung 1 ist in zweckmäßiger Weise entsprechend der schwebenden Patentanmeldung DE 199 25 015.4 aufgebaut, indem mindestens zwei identisch ausgebildete aufeinanderliegende Plättchen 4 und 5, in die jeweils parallel zueinander ausgerichtete spaltförmige

• Ausnehmungen 6 eingebracht sind, wobei die spaltförmigen Ausnehmungen 6 des ersten Plättchens 4 und des zweiten Plättchens 5 (dessen spaltförmige Ausnehmungen in Fig. 1 nicht sichtbar sind) zueinander orthogonal ausgerichtet sind und in die dadurch gebildeten fluchtenden Durchführungen Lichtleitfasern 2 eingebracht und formschlüssig vergossen sind, wobei die maximal einbringbare Anzahl von Lichtleitfasern 2 dem Quadratprodukt aus der Anzahl der spaltförmigen Ausnehmungen 6 eines Plättchens 4 bzw. 5 entspricht. [0018] Selbstverständlich läßt sich die Erfindung auch mit anderen ein- und insbesondere zweidimensionalen Anordnung verwirklichen.

[0019] Eine zweite Lichtleitfaser 3 nimmt die aktive Funktion wahr, d. h. sie sendet bspw. durch nachrichten- oder meßtechnische Anwendungen modulierte Licht aus, welches zur weiteren Nutzung bzw. Verarbeitung in eine bestimmte erste Lichtleitfaser 2 des Anordnung 1 eingekoppelt werden soll. Dazu kann die zweite Lichtleitfaser 3, wie durch Pfeile angedeutet, durch nicht dargestellte Piezoaktoren in den beiden Koordinatenrichtungen x und y bewegt werden. Erfindungswesentlich sind photoelektrische Empfänger 7, welche die Stirnflächen 8 der ersten, passiven Lichtleitfasern 2 der Anordnung 1 umgeben und zwar vorzugsweise, wie in Fig. 1 angedeutet, von allen vier Seiten. Die photoelektrischen Empfänger 7 sind über Leiterbahnen 9 mit nicht dargestellten Auswertungsschaltungen verbunden, welche nach dem ersten erfindungsgemäßen Verfahren eine präzise Positionierung der zweiten Lichtleitfaser 3 über einer bestimmten ersten Lichtleitfaser 2 der Anordnung 1 ermöglichen, indem ein Lage-Regelkreis solange Signale an die piezoelektrischen Aktoren gibt, bis der von den vier photoelektrischen Empfängern 7 an den vier Seiten einer ersten Lichtleitfaser 2 empfangene Lichtstrom von Streulicht aus der zweiten Lichtleitfaser 3 genau gleich ist.

[0020] Aus Gründen der Übersichtlichkeit sind die photoelektrischen Empfänger 7 nur in der (von rechts beginnend) zweiten Kolonne der Stirnflächen 8 der ersten Lichtleitfasern 2 dargestellt. Desgleichen sind die Leiterbahnen 9 nur bei den photoelektrischen Empfängern 7 für die unterste Stirnfläche 8 in dieser Kolonne dargestellt. Es versteht sich von selbst, daß in der Realität alle Stirnflächen 8 der Anordnung 1 von der gleichen Anordnung photoelektrischer Empfänger 7 mit Leiterbahnen 9 umgeben sind, um die Funktion der Anordnung zu gewährleisten.

[0021] Nach dem zweiten erfindungsgemäßen Verfahren können die Signale der photoelektrischen Empfänger 7 auch gewissermaßen digital ausgewertet werden, indem die Durchgänge des "Haupt"-Lichtstromes der ersten Lichtleitfaser 2 über verschiedenen photoelektrischen Empfängern 7 gezählt und die Zählwerte zunächst zur Grobpositionierung der zweiten Lichtleitfaser 3 über einer bestimmten ersten Lichtleitfaser 2 der Anordnung 1 ausgewertet werden.

[0022] Die Fig. 2 dient der Beschreibung einer funktionellen Umkehrung der bisher beschriebenen Ausführungsform. Die Anordnung 1 der ersten Lichtleitfasern 2 ist nunmehr aktiv, d. h. einige oder alle dieser Lichtleitfasern 2 senden ggf. modulierte Licht aus, welches jeweils aus einer bestimmten ersten Lichtleitfaser 2 der Anordnung 1 in die bewegbare zweite Lichtleitfaser 3 eingekoppelt werden soll. Die Anordnung 1 trägt demzufolge keine photoelektrischen Empfänger 7, wie es in Fig. 1 vereinfachend für die meisten der Lichtleitfaser-Stirnflächen 8 dargestellt ist. Diese sind vielmehr rund um die zweite Lichtleitfaser 3 angeordnet, welche mit einer entsprechenden verbreiterten Halterung 10 (in Fig. 2 in Unteransicht dargestellt) in x- und y-Richtung über die Anordnung 1 hinweg zur ausgewählten ersten Lichtleitfaser 2 geführt wird.

- 1 Anordnung
- 2 erste Lichtleitfaser
- 3 zweite Lichtleitfaser
- 4 erstes Plättchen
- 5 zweites Plättchen
- 6 spaltförmige Ausnehmung
- 7 photoelektrischer Empfänger
- 8 Stirnfläche einer Lichtleitfaser
- 9 Leiterbahn
- 10 Halterung

#### Patentansprüche

1. Optischer Umschalter mit einer ein- oder zweidimensionalen Anordnung einer Anzahl erster Lichtleitfasern, deren Stirnflächen in einer Ebene liegen, welcher die Stirnfläche einer zweiten Lichtleitfaser zwecks optischer Kopplung gegenüberliegt und zu jeder der Stirnflächen der ersten Lichtleitfasern hin bewegbar ist, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Stirnfläche/n (8) der passiven Lichtleitfaser/n (2 oder 3) von photoelektrischen Empfängern (7) für den Empfang von Licht aus der/den aktiven Lichtleitfaser/n (3 oder 2) umgeben ist/sind.
2. Optischer Umschalter nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die ersten Lichtleitfasern (2) die passiven Lichtleitfasern sind und die zweite Lichtleitfaser (3) die aktive Lichtleitfaser ist.
3. Optischer Umschalter nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die ersten Lichtleitfasern (2) die aktiven Lichtleitfasern sind und die zweite Lichtleitfaser (3) die passive Lichtleitfaser ist.
4. Optischer Umschalter nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die zweite Lichtleitfaser (3) mittels piezoelektrischer Aktoren bewegbar ist.
5. Optischer Umschalter nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die ersten Lichtleitfasern (2) in einer zweidimensionalen Anordnung (1) von einem Halte- und Positionierungsmittel aufgenommen sind, welches durch mindestens zwei identisch ausgebildete aufeinanderliegende Plättchen (4, 5) gebildet ist, in die jeweils parallel zueinander ausgerichtete spaltförmige Ausnehmungen (6) eingebracht sind, wobei die spaltförmigen Ausnehmungen (6) des ersten Plättchens (4) und des zweiten Plättchens (5) zueinander orthogonal ausgerichtet sind und in die dadurch gebildeten fluchtenden Durchführungen die Lichtleitfasern (2) eingebracht und formschlüssig vergossen sind, wobei die maximal einbringbare Anzahl von Lichtleitfasern (2) dem Quadratprodukt aus der Anzahl der spaltförmigen Ausnehmungen (6) eines Plättchens (4, 5) entspricht.
6. Verfahren zum Betrieb eines optischen Umschalters nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß Streulicht einer aktiven Lichtleitfaser (3 oder 2) von photoelektrischen Empfängern (7) aufgenommen und zur Zentrierung der Achse der aktiven Lichtleitfaser (3 oder 2) in bezug auf die Achse einer passiven Lichtleitfaser (2 oder 3) ausgewertet wird.
7. Verfahren zum Betrieb eines optischen Umschalters nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß Licht einer oder mehrerer aktiven Lichtleitfaser/n (3 oder 2) von photoelektrischen Empfängern (7) aufgenommen und durch Zählung der bei der Bewegung zu einer bestimmten ersten Lichtleitfaser

(2) überfahrenen ersten Lichtleitfasern (2) der Anordnung(1) ausgewertet wird.

---

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

---

5

10

15

20

25

30

35

40

45

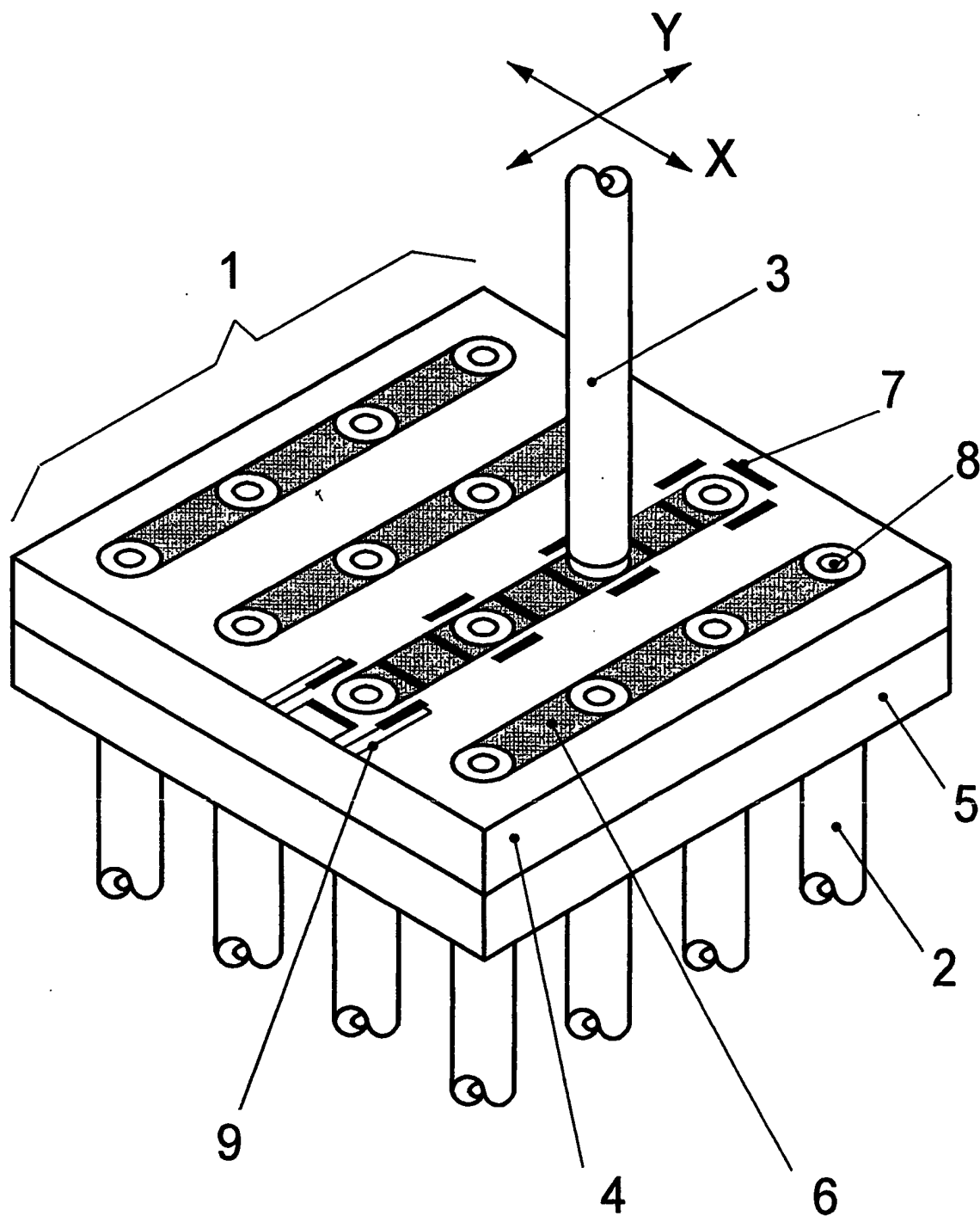
50

55

60

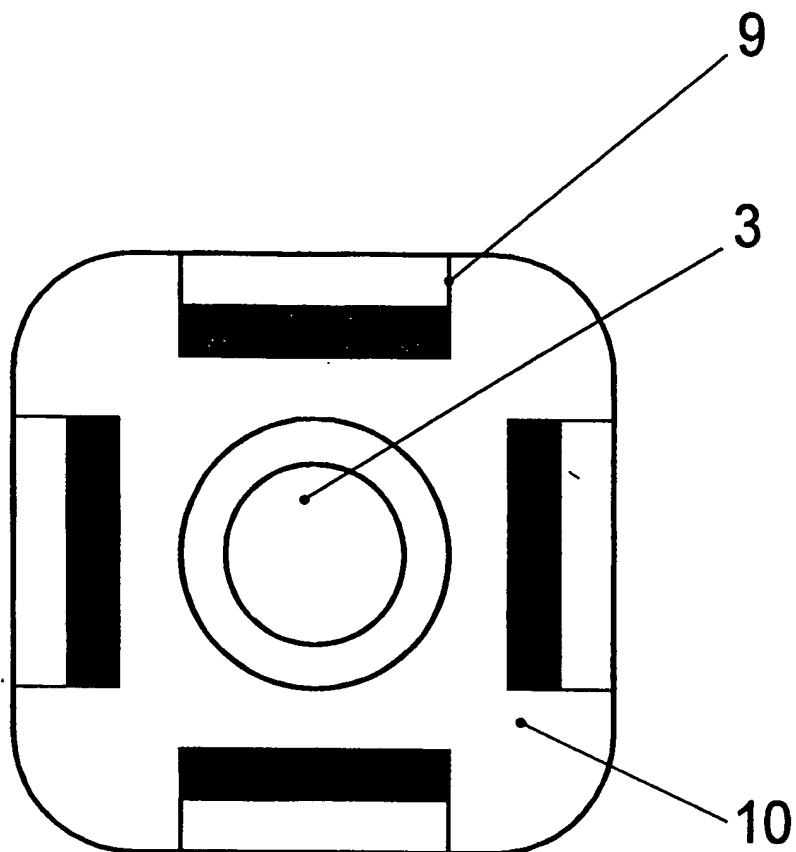
65

Fig. 1



BEST AVAILABLE COPY

**Fig. 2**



BEST AVAILABLE COPY